

Lakóépületek üzemeltetésének és korszerűsítésének energiamegtakarítási lehetőségei

Szili Bettina Viktória – Dr. Csoknyai Tamás – Dr. Horváth Miklós

Abstract

Recently, the uncertain political situation and the drastic increase in energy prices have attracted attention to the importance of reducing energy consumption at both household and public level. The residential sector has an important role to play in reducing energy use quickly and cost-effectively, as it accounts for about 40% of Hungary's energy consumption. Within this sector, 71% of heating energy demand come from detached houses built before 1990.

Rising energy prices are encouraging people to save energy with different solutions. To achieve such goals, the use of dynamic building simulation can provide support, which can more accurately estimate the demands and loads of a building by addressing various variables of weather, geometry, engineering, and user habits.

This study investigates the energy saving potentials of the operation and the modernisation of a common Hungarian building type called the "Kádár-cube". This type of building belongs to the category of detached houses built before 1990. The investigation is executed using dynamic building simulation models. It is important to mention that the "Kádár-cube" itself, as a building type, represents about 35% of the total building stock [1], [2].

Kulcsszavak

Felhasználói viselkedés, energiafogyasztás modellezés, energiahatékonyság, dinamikus szimuláció, lakóépület

Bevezetés

A közelmúltban a bizonytalan politikai helyzet és az energiaárak drasztikus emelkedése miatt egyértelműen a középpontba került az energiafelhasználás csökkentésének jelentősége mind lakossági, mind állami szinten. Az energiafelhasználás gyors és költséghatékony csökkentésében kiemelkedő szerepe



**Szili Bettina
Viktória**

MSc hallgató



Dr. Csoknyai Tamás

egyetemi docens
tanszékvezető



Dr. Horváth Miklós

egyetemiadjunktus

BME Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti és Gépészeti
Eljárástechnika Tanszék

van a lakóépület szektornak, hiszen innen származik Magyarország energiafelhasználásának körülbelül 40%-a. A szektoron belül az 1990 előtt épült családi házakra jut a fűtési energiaigény mintegy 71%-a.

Az emelkedő energiaárak a lakosságot arra ösztönözték, hogy valamilyen módon energiát takarítsanak meg. Az ilyen és ehhez hasonló vizsgálatokhoz támogatást nyújthat az épület-szimuláció használata, amely az időjárás, a geometriai kialakítás, a gépészet és a felhasználói viselkedés változóit kezelve képes vizsgálni az épületet, ezzel optimalizálva a költségeket. E tanulmány során egy, az 1990-es évek előtt épült családi házak kategóriájába tartozó egyik jellegzetes épülettípus, a Kádár-kocka üzemeltetésének és korszerűsítésének energiamegtakarítási lehetőségeit vizsgáljuk dinamikus szimulációs épületmodelleken. Fontos megemlíteni, hogy maga a Kádár-kocka, mint típusépület a lakóépület állomány körülbelül 35%-át teszi ki [1], [2].

Energiamegtakarítási lehetőségek

2022 szeptemberében hazánkban is megszületett egy energiamegtakarítást célzó rendelet (353/2022. (IX. 19.)), amely szerint bizonyos kivételekkel, az intézményekben a fűtés útján biztosított léghőmérséklet nem haladhatja meg a 18 °C-ot [3]. A belső léghőmérséklet korábban hatályos értékét a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet 20-22 °C között határozta meg szellemi munka végzéséhez [4].

Az új rendelet (353/2022. (IX. 19.)) [3] bevezetését követően sorra jelentek meg az energiamegtakarítást ösztönző és ennek lehetőségeit taglaló online és nyomtatott értekezések. Ezek egy része beruházást igényel, míg más, főleg a felhasználói szokásokban történő változtatások, ugyan kisebb eredménnyel, de rögtön és beruházási költség nélkül elérhetőek. Az utóbbi jelentősége is kiemelkedő lehet bizonyos háztartások esetén, ahol egy relatív nagy költséggel megvalósítható felújítás nem reális. Továbbiakban bemutatásra kerül néhány, a hőigények csökkentését célzó energiamegtakarítási lehetőség, kezdve a beruházási költséggel járó, majd ezt követően a beruházási költség mentes esetekkel.

A legnagyobb energiamegtakarítás általában hőszigeteléssel valósítható meg. A külső falak hőszigetelése mellett nagy jelentőséggel bír a beépített tetőtérrel nem rendelkező házak esetén a padlásfödém szigetelése is. Ezek mellett a lábazat megfelelő szigetelése is számottevő, bár jelentős járulékos költségű intézkedés, amellyel a talaj felé irányuló veszteséget csökkenthetjük. Mindezek kivitelezése viszont igen magas beruházási költséggel jár.

Egy másik opció energiahatékony nyílászárók beépítése, illetve a meglévő nyílászárók felújítása is. A tömítetlenség-ből származó légcserének jelentős részéért felelhetnek a nem megfelelően záródó ablakok és ajtók. Ablakok esetén egy költség-hatékony megoldás lehet még a szigetelő gumi vagy huzat-fogó párna alkalmazása. Utóbbi módszer a szegényebb régiókban és otthonokban igen elterjedtnek számít.

Kevésbé tehetős háztartások esetén kiemelkedően fontos lehet beruházási költség nélkül megvalósítható energiamegtakarítási lehetőségek alkalmazása, mint például a komfort javításának céljára réteges öltözködés. Felhasználói magatartásunk mérlegelésével és esetleges megváltoztatásával sok megtakarítási opciót használhatunk. Fontos például, hogy a fűtőtesteket szabadon hagyjuk, vagyis ne rakjuk a bútorokat túl közel hozzá és a függöny se lógjon rá. Ennek oka, hogy minél nagyobb teret „lát” a hőleadó egység, annál hatékonyabban üzemelhet. Érdemes odafigyelni a szellőztetésre is, hiszen, ha többször kevesebb ideig szellőztetünk, akkor nem tudnak áthűlni a belső térben lévő bútorok és egyéb tárgyak, amelyek utána tovább hűtenék a belső levegőt. Az ablaknál még alkalmazható külső vagy belső árnyékoló, melyet éjszaka leengedhetünk, hogy minimalizáljuk a hővesztiséget az ablakokon keresztül. Ezzel szemben napközben pedig felhúzhatjuk az árnyékolót és ekkor a szoláris hőnyereség szerepe is számottevő lehet. Elterjedt még a fűtőcsökkentés is, amelynek lehetőségei között szerepel a szakaszos fűtés, mely során napközben és/vagy éjszaka alacsonyabb hőfokra csökkentjük a belső hőmérsékletet. Ebben segítséget nyújthat egy programozható termosztát használata. Továbbá kevésbé elterjedt és alacsonyabb komfortérzettel járó megoldás lehet a belső hőmérséklet csökkentése a teljes lakásra vonatkozóan, vagy a fűtött alapterület csökkentése. Az utóbbival kapcsolatban kiemelendő, hogy a belső tér temperálása bizonyos minimum hőmérsékletre fontos a fagyveszély elkerülése érdekében [5], [6], [7], [8]. Mindezek mellett még egyéb megoldásokat is tárgyalnak különböző forrásokban. Például egyikben a párologtatást javasolják a fűtött helyiségekben a komfortérzet javítására [9]. Ez a jelenség bizonyos fizikai korlátok között igazolható, viszont, ha az állagvédelmi szempontokat is figyelembe vesszük, akkor a belső térbe jutó plusz nedvességterhelés káros hatással lehet szerkezeteinkre megfelelően alacsony felületi hőmérséklet esetén. Ennek egyik megjelenési formája a penész.

A vizsgált épület bemutatása

A vizsgált épület a KEOP-7.9.0/12-2013-0019 projekt keretén belül megalkotott magyar épülettípológia 7-es típusépületének adatai alapján és az arra a korra jellemző épülettípus, a Kádár-kocka jellegzetes tulajdonságait tekintve lett kialakítva. A 7-es típusépület kiválasztásának fő oka, hogy Magyarországon a lakásállomány nagy százalékát ilyen típusú házak alkotják. „A rezsi-csökkentés szabályváltozásának hatása a magyar lakóépület-szektor gázfogyasztására” publikáció alapján ezen épülettípus esetén is jelentős gázfogyasztás túllépés tapasztalható a jelenleg érvényben lévő átlag gázfogyasztás értékhez képest. Maga a Kádár-kocka, mint épülettípus, erősen jellemző a 7-es típusépületre és mind az említett projekt

kapcsán létrejött dokumentációban, mind a szakirodalomban részletes leírás található szerkezeti tulajdonságairól is. Ennek figyelembevétele is megtörtént a megfelelő épületmodell kialakítása érdekében [10], [11].

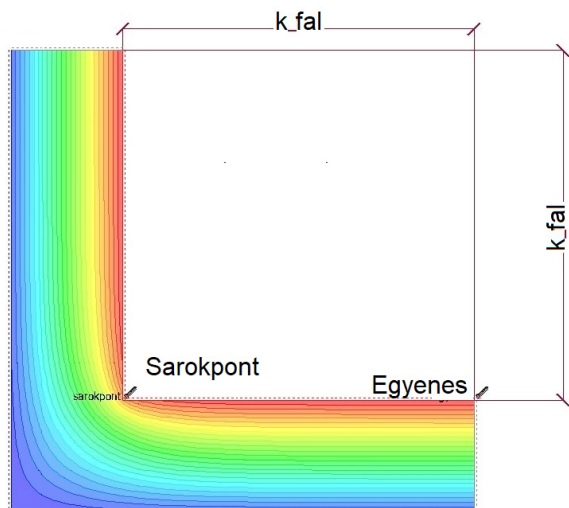
Összességében elmondható, hogy a Kádár-kocka nagy többségében négyzetes alaprajzú magyar családi háztípus, amely általában földszintes, sátoztetős és megközelítően 100 m² alapterületű. Ezen épületek többségében az 1960-70-es években épültek, de egészen 1990-ig valósultak meg kivitelezések. A korabeli energetikai követelmények és az alacsony energiaárak miatt a Kádár-kockák energetikai jellemzői kedvezőtlenek, hiszen nem hőszigetelték és pazarló fűtési rendszerrel szerelték fel őket. Ennek következtében az ilyen típusú épületeken nagymértékű a felújítások energiamegtakarítási potenciálja [1], [12], [13].

A modellezés

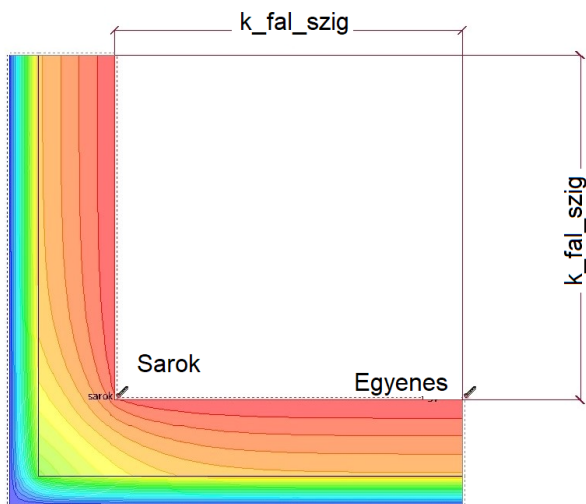
Az energiamegtakarítási lehetőségek vizsgálatát dinamikus szimulációval végeztük DesignBuilder v7 programban. A dinamikus épületszimuláció az időjárás, a geometriai kialakítás, a gépészet és a felhasználói szokások különböző változóit kezelve képes vizsgálni az épület igényeit és terheléseit akár órák bontásban is. Ennek eredményeképp pontosan meghatározhatók a kritikus időszakok és egyes épületrészek egyedi tulajdonságai. A stacioner számítással ellentétben képes kezelni a dinamikus hatásokat és a szélsőséges viszonyokat, amellyel valósabb képet kaphatunk a vizsgált épületről és pontosabban tudjuk vizsgálni a különböző üzemeltetési stratégiákat. A pontos modellezéshez a DesignBuilder szimulációk elvégzése előtt szükség volt a hőhidak definiálására is, amelyet Auricon Energetic program használatával végeztünk.

Hőhídszimuláció

A hőhídszimulációnál a lineáris hőátbocsátási tényezők meghatározása volt az elsődleges cél. Az Auricon Energetic programot felhasználva felépítésre kerültek a releváns hőhíd csomópontok, melyek alapján a lineáris hőátbocsátási tényezők értékei felvehetők voltak a DesignBuilder szimulációs modellekbe is. A talajra fektetett padló esetében, a kialakítás ismeretlen mivolta és a hőhíd szempontból alacsony relevanciája miatt, a lineáris hőátbocsátás értéke az NKFI-6 FK_18-128663 projekt keretében elkészített nemzeti hőhídkatalógus felhasználásával került meghatározásra [14]. A feltételezés oka, hogy a lábazon keresztül a talaj kiemelkedő hőtároló tömege miatt a hőáramok késleltetve, lassabban haladnak. A lábazon megfelelő szigetelése esetén a hőáramok tovább is csökkenthetők. A szoftver felhasználásával összesen 4-féle csomóponton 10-féle kialakítást vizsgáltunk. Ezek a csomópontok a falsarok, a belső és külső fal találkozási pontja, az ablakbeépítés és a külső fal-födém találkozási pontja. A külső falsarok szigetetlen felépített modelljét az **1. ábra**, szigetelt modelljét pedig a **2. ábra** szemlélteti. A 1. ábra és a 2. ábra összehasonlítása alapján látható, hogy a szerkezet hőtároló képessége szigetelt esetben jelentősen megnőtt és a falfelületi hőmérséklet is magasabb, ami állagvédelmi szempontból igen kedvező.



1. ábra. Szigetetlen falsarok

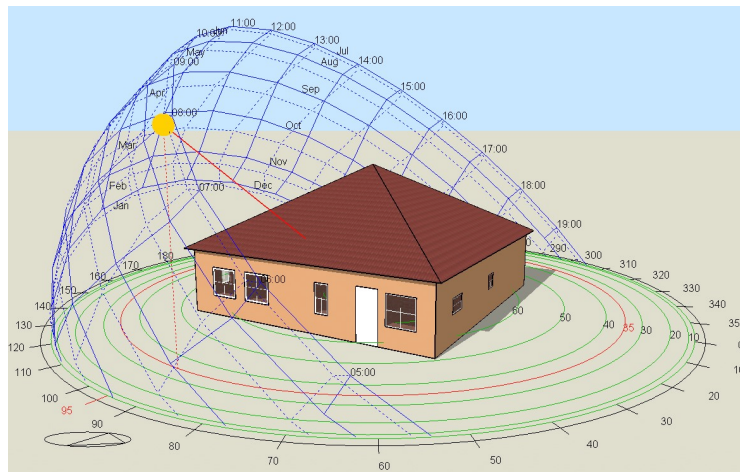


2. ábra. Szigetelt falsarok

Geometriai modell

A tipológia adatai a szezonális számítási módszerre optimalizálva kerültek felmérésre, így a dinamikus szimulációba való átültetésükhöz nem állt rendelkezésre minden adat. Ennek egyik fő oka, hogy a tipológia sok épület tulajdonságainak átlagolt értékeit tartalmazza és azok alapján egy átlagos típusépületet ír le. Fontos megemlíteni, hogy a tipológia nemcsak a Kádár-kockákat tartalmazza az említett időszak adatain belül, így ez esetleges tipológián belüli geometriai eltéréseket okozhat. Korábbi vizsgálatok kapcsán már megtörtént egy eltérő geometriai modell kialakítása, a szerkezeti tulajdonságok definiálása és bizonyos felhasználói magatartások felvétele [15]. A jelenlegi kutatás során a korábbi tapasztalatokat alapul véve került újradefiniálásra a modell a vizsgálat tárgyához illeszkedve. Az új modell axonometrikus képe a 3. ábrán látható.

4. ábra. Modell alaprajz

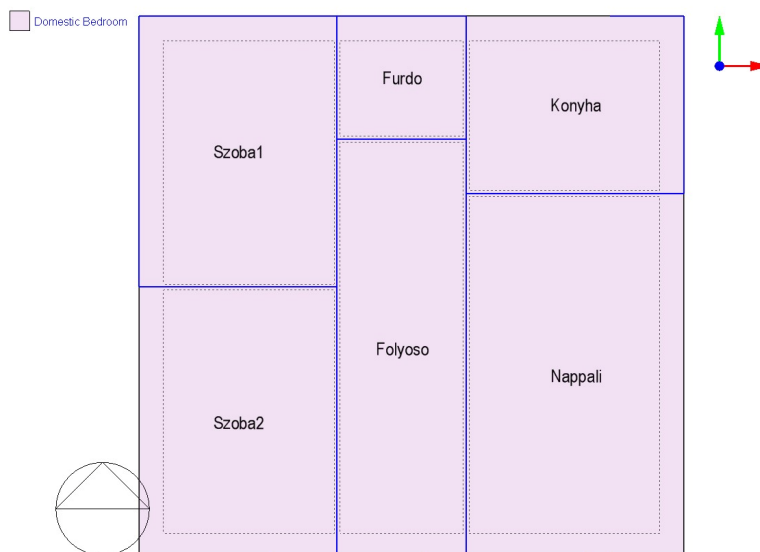


3. ábra. A modell épület keleti és északi homlokzata július 15-én 8:00 órakor

A modellezés során feltételeztük, hogy az épület Magyarországon helyezkedik el, így az időjárás-változás modellezéséhez a pestszentlőrinci meteorológiai állomás 2007 és 2016 közötti TMY időjárás adatait vettük figyelembe [16]. Az említettek szerint az épület geometriai tulajdonságai egy korábban elvégzett kutatás során definiálásra kerültek, de a belső falak elrendezése és ezzel az ablakok kiosztása változott. Ennek oka, hogy az új belső falak felvétele a Kádár-kockák általános elrendezése szerint történt [17]. A hőtároló tömeg hatása jelentős a hőáramokat tekintve, így fontos, hogy minél pontosabban modellezzük azt. A szerkezetek aktív hőtároló tömege határozza meg az épület dinamikus viselkedését, vagyis, hogy miként reagál a külső környezet változásaira. A Design-BUILDER programon belül zónák definiálhatók, amelyek falai alkotják a hőtároló tömeget. A modellben felépített alaprajzot a 4. ábra szemlélteti.

Épülethasználat

A modellek kialakítása két szabvány, az MSZ EN 16798-1 [18] és az MSZ EN 12831-3 [19] szabványok, illetve a 7/2006 TNM (V. 24) rendelet (továbbiakban TNM rendelet) [20]



felhasználásával történt. A konkrét számértékeket, mint például a világítás mértéke, a rendelet adatai határozták meg számunkra, míg a menetrendek legnagyobb többségét az említett szabványok alapozták meg. A meghatározott értékek és menetrendek a jelenlét, a világítás, az egyéb belső hőterhelések és a szellőztetés egyes bemeneti paramétereit fedték le. A KEOP-7.9.0/12-2013-0019 projekt épületfelmérési eredményeiből meghatároztuk az infiltráció mértékét, amely $0,1 \text{ h}^{-1}$ értékűre adódott. Fontos megemlíteni, hogy az infiltráció az épület ablakcserélt modelljei esetén 0 h^{-1} értékre csökken. Ezen felül a TNM rendelet [20] alapján $0,5 \text{ h}^{-1}$ légcsereszámot vettünk fel, amely egy hét átlagára érvényes menetrend szerinti ablaknyitás esetén. Mivel az épülettipológia alapján a szellőztetés, természetes módon, ablaknyitással történik, így modellünkben is ezt a megoldást alkalmaztuk. Árnyékolással egyik modell esetében sem számoltunk.

A definiált alapmodellek

A kutatás során négy alapmodellt definiáltunk, amelyen később az energiamegtakarítási stratégiákat vizsgáltuk. Az egyik verzió a teljesen szigetetlen eset, amely a magyar épülettipológia [10] szerinti hőátbocsátási tényezők értékeit veszi figyelembe, mind a falak és az ablakok esetében is. A második verzióban azt feltételeztük, hogy az első esethez képest ablakfelújításra kerül sor, mely során a TNM rendeletnek megfelelő U -értékkel rendelkező ablakot építenek be. Az ablak körbe szigetelt és légtömör, így az infiltráció mértékét 0 h^{-1} -nak tekintettük. A harmadik esetben az első esethez képest padlásfödém szigetelés történik, amely mérsékli a padlástér felé irányuló hőveszteséget. Ebben az esetben is a TNM rendeletnek megfelelő a szerkezet U -értéke. Továbbiakban ennek rövidítése „Padlfödésig”-ként szerepel. Az utolsó, vagyis negyedik esetben pedig ablakcsere és padlásfödém szigetelés egyaránt megvalósul, emellett a talajra fektetett padló és a külső fal is TNM-nek [20] megfelelően szigetelésre kerül. Ezek az alapmodellek definiálják az alapvető energetikai felújításokat és ezeken vizsgáltuk az egyes változatok energiamegtakarítási lehetőségeit.

A szigetetlen esetben a tipológiában definiált hőátbocsátási tényező értékeket felhasználva rétegrendi hőellenállásokat határoztunk meg, melyekre a szerkezetek tulajdonságainak beállításainál volt szükség. A szigetelt esetekben pedig ezt felhasználva számoltuk az új értékeket. Az ablakcsere nélküli esetekre az infiltráció mértéke szintén a tipológia alapján került felvételre. Mindezen tulajdonságok összehasonlítását az alapmodellek között az 1. táblázat szemlélteti.

A táblázatban látható módon minden felújítási esetet a TNM rendelet követelményeinek megfelelően határoztunk meg. Ebből beletartozik az ablakcsere után a tömítettség miatt az infiltrációs légcsereszám csökkenése

is. Fontos megjegyezni, hogy már a Szigeteletlen és Padlásfödém szigetelt esetben is közel tömítettnek tekinthető az ablak az alacsony infiltráció miatt.

Vizsgált energiamegtakarítási lehetőségek

Az energiamegtakarítási lehetőségeket a négy alapmodellre, különböző üzemeltetési eseteket definiálva vizsgáltuk. Ezek a lehetőségek a belső hőmérséklet csökkentés, a szakaszos fűtés és a fűtött alapterület csökkentés, melyek közül a legalapvetőbb energiamegtakarítási opció a belső hőmérséklet csökkentés. Ennek legegyszerűbb formája, amikor az egész épületben folyamatos fűtést alkalmazunk egy adott hőmérsékletig. A kutatás kapcsán az $5\text{--}24^\circ\text{C}$ közötti belső hőmérsékletekre való fűtést vizsgáltuk. Valóságban átlagos anyagi helyzetben lévő háztartásokat tekintve igen kicsi a valószínűsége, hogy 16°C -nál kisebb hőmérsékletre fűtsenek egy állandó tartózkodási zónában, hiszen már ennek komfortja is igen alacsony. Ugyanakkor reális opció lehet szakaszosan alacsonyabb hőmérséklet tartása vagy a ritkán használt helyiségek alacsonyabb hőmérsékletre fűtése a fogyasztás csökkentésének érdekében.

Szintén elterjedt energiamegtakarítási mód az említett szakaszos fűtés. Ennek hatását a fűtési igényekre három esetben keresztül vizsgáltuk. Az első eset a népszerű éjszakai fűtés-csökkentés esete, amikor késő estétől a korai órákig történik a csökkentés. A második eset, amikor napközbeni fűtés-csökkentés valósul meg, vagyis, amikor nincs vagy alacsony a valószínűsége a jelenlétnek a térben. A harmadik esetben éjszakai és napközbeni fűtés-csökkentés is megvalósul. Mindhárom esetben a visszaszabályozás 20 vagy 18°C -ról 12°C -os minimum értékre történik.

Kevésbé elterjedt energiamegtakarítási megoldás a fűtött alapterület csökkentése. Ennek egyik oka, hogy ekkor a lakás kisebb hányada használható komfortos körülmények között. Fontos kiemelni a fagyveszély kockázatát is, vagyis sose szabad teljesen magára hagyni a helyiséget, különben szélsőséges esetben fagyási károk keletkezhetnek a lakáson belül.

1. táblázat. Az alapmodellek szerkezeti tulajdonságai

Tulajdonság	Szigeteletlen	Ablakcsere	Padlásfödém szigetelés	Szigetelt
Külső fal U -érték [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	1,1	1,1	1,1	0,24
Padlásfödém U -érték [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	0,96	0,96	0,17	0,17
Talajra fektetett padló U -érték [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	1,31	1,31	1,31	0,3
Ablak U -érték [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	2,83	1	2,83	1
Infiltráció [$1/\text{h}$]	0,102	0	0,102	0

A kutatás kapcsán nyolc esetet vizsgáltunk, melyek során az egyik esetben 20 °C-ra fűtjük az egyik szobát (Szoba1), a konyhát és a fürdőt. A többi helyiséget 8 °C hőmérsékletig fűtjük. Ennek további két variációját is vizsgáltuk, mely során az egyikben az egész épületben 0,5 1/h légcserét vettünk fel, míg a másikban a ki nem használt helyiségekben 0,1 1/h légcserére valósult meg. Fontos megemlíteni, hogy mivel azon a feltételvezérlésen alapul a fűtött alapterület csökkentése, hogy a fűtetlen terekben nem tartózkodnak emberek, így a szimulációs modellt is ez alapján módosítottuk. Másik két eset volt, amikor ugyan ezen paraméterek mellett, de a konyhát csak 16 °C-os hőmérsékletre állítottuk be. Illetve további négy eset ezek mátrixa azzal a változtatással, hogy az eredetileg fűtött terekben megjelenő hőmérséklet 20 °C helyett csak 18 °C.

A négy alapmodell és a lefuttatott energia-megtakarítási verziók az 5. ábrán láthatók, amelyek összesen 136 futtatást eredményeztek.

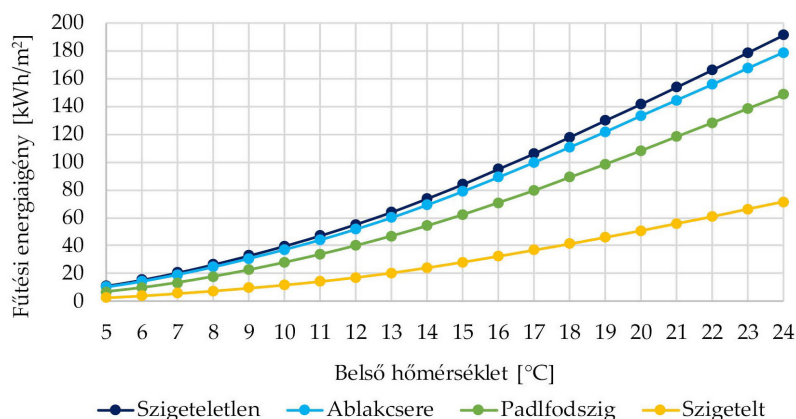
Szimulációs eredmények

A szimuláció eredményeinek kiértékelésekor felhasznált kimeneti adatok az egész évre vonatkozó nettó fűtési energiaigény (q_{net}), illetve az egyes helyiségek léghőmérséklet és relatív páratartalom adatai órás bontásban.

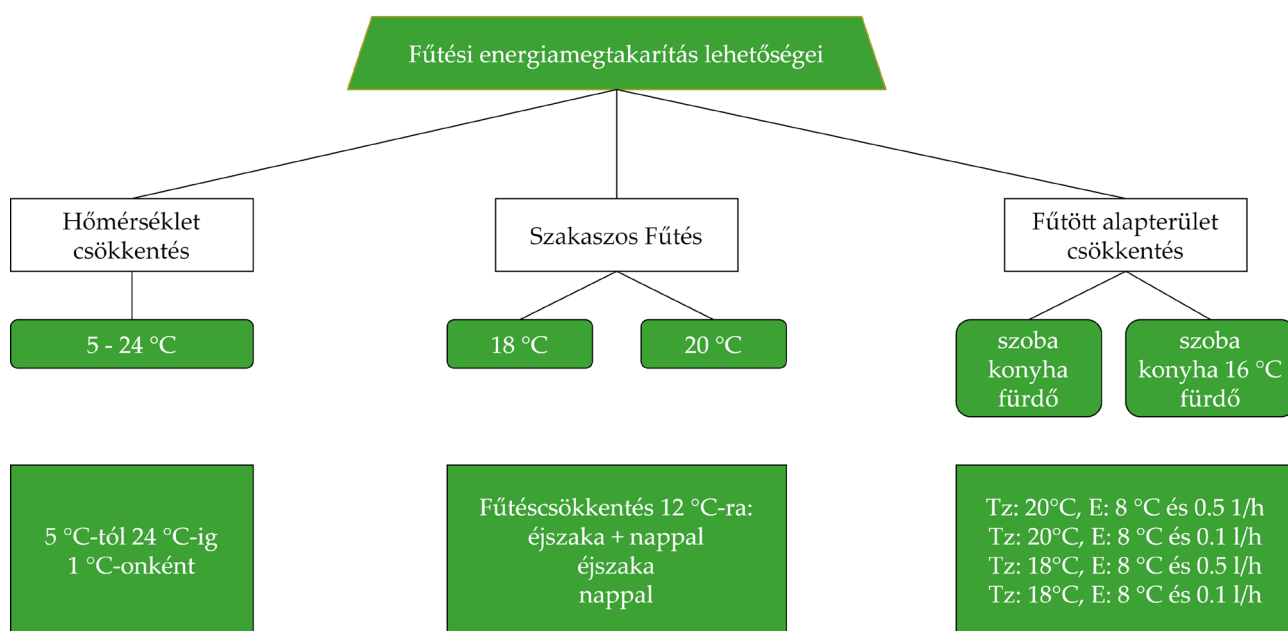
A belső levegő hőmérséklet csökkentésének hatását húsz esetre határoztuk meg 5-24 °C között. Ezek eredményeit a 6. ábra szemlélteti, amelyen

a vízszintes tengelyen az adott belső hőmérsékletek, a függőleges tengelyen pedig a hozzájuk tartozó nettó fűtési energiaigények szerepelnek. A diagram görbéi a négy alapesetet mutatják.

A 6. ábrán megfigyelhető, hogy minél magasabb hőmérsékletet tartunk a belső térben, annál nagyobb energiamegtakarítási jelentősége van az egyes felújítási változatoknak. Például 20 °C belső hőmérséklet esetén a Szigeteletlen esethez képest az Ablakcsere 7%, a Padlásfödém szigetelés 24% és a teljes Szigetelés, illetve ablakcsere pedig 49% megtakarítást eredményez. Fontos megjegyezni, hogy az ablakcsere nem tartalmazó alapmodellek eseteiben az infiltrációs légcseré értéke már eleve alacsony volt, így ablakcsere után ennek 0 h⁻¹-ra csökkenése nem okozott jelentős energiamegtakarítást.



6. ábra. A belső levegő hőmérséklet csökkentés hatása



5. ábra. Energiamegtakarítási lehetőségek

Egy másik ok, amiatt az Ablakcsere esete alacsony megtakarítást eredményez, a Kádár-kockákra jellemző alacsony üvegezési arány. A diagram alapján elmondható még, hogy minden alapesetben hasonlóan a belső levegő hőmérsékletének 2 °C-kal való megemelése vagy lecsökkentése kb. 17-18% többlet energiát, vagy energia megtakarítást eredményez az eredeti esethez képest.

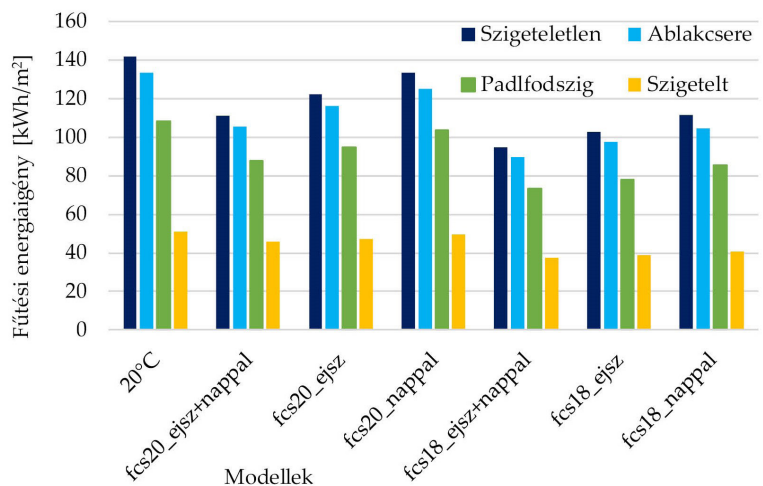
A második vizsgált energiamegtakarítási lehetőség, a szakaszos fűtés esetén legvalószínűbb esetnek tekintettük, hogy a belső levegőt 20 °C-ra fűtjük, így a további esetek eredményeit ehhez hasonlítottuk. A szakaszos fűtés azon szimulációs eredményei között vizsgáltuk a különbséget, amikor nincs fűtés-csökkentés („20fok”), amikor van fűtés-csökkentés 20 („fcs20”) vagy 18 °C-ról („fcs18”) 12 °C-ra. Egyik esetben csak éjszaka („éjsz”), másik esetben csak nappal („nappal”) és harmadik esetben éjszaka és nappal is („éjsz+nappal”) történik fűtés-csökkentés. A szimuláció eredményeit a 7. ábra szemlélteti.

A 7. ábra alapján megfigyelhető, hogy a 20 °C-os belső hőmérsékletre fűtés esetét tekintve a legkisebb megtakarítást a csak nappal alkalmazandó fűtés-csökkentés eredményezi. Ennek oka, hogy ekkor a csökkentés rövidebb idejű. Ez 6% megtakarítást jelent. Ezzel szemben a csak éjszakai fűtés-csökkentés 14%, míg az éjszakai és nappali fűtés-csökkentés 22% nettó fűtési energiafelhasználás csökkenést jelent. Fontos megjegyezni, hogy a 18 °C-ról történő fűtés-csökkentés 1-2%-kal kevesebb megtakarítást jelent a három esetben, mint a 20 °C belső hőmérsékletéről történő csökkentés. Ez azt jelenti számunkra, hogy bizonyíthatóan minél alacsonyabb belső hőmérsékletéről szeretnénk fűtést csökkenteni, annál kisebb lesz az energiafelhasználás csökkenés. Ezen hatás igazolására számíthatunk is.

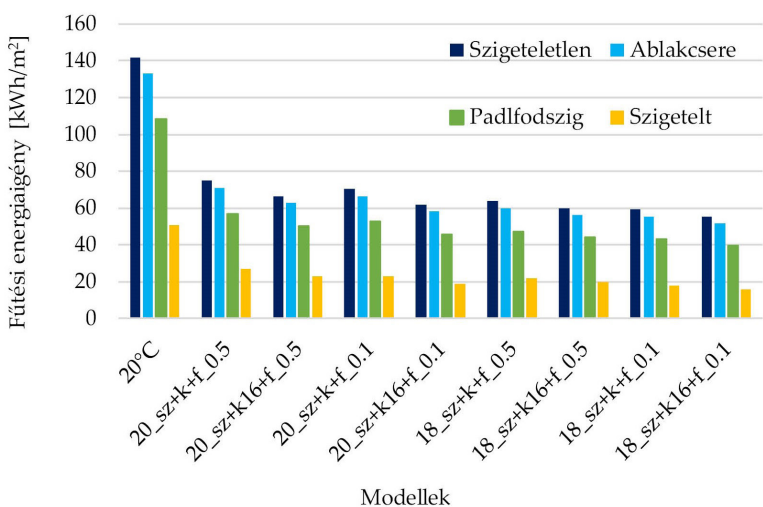
Az alapmodellek közötti különbséget tekintve elmondható, hogy az Ablakcsere és a Padlásfödém szigetelés esetében kb. 2-3%-kal kevesebb az energiamegtakarítás mértéke minden esetben, mint a Szigeteletlen esetben. A Szigetelt esetre vonatkozóan az éjszakai és a nappali fűtés-csökkentés energiafelhasználás csökkenése 12%-kal, csak éjszakai esetre 6%-kal és csak nappali esetre 4%-kal kisebb. Ez azt jelenti, hogy a csak nappali fűtés-csökkentés alig 2% energiamegtakarítást eredményez, ami igen alacsony.

Összességében elmondható, hogy a fűtés-csökkentés jelentősége szigeteletlen, rossz ablakokkal rendelkező épületek esetén a legkedvezőbb hatású. Ennek ellenére fontos megjegyezni, hogy még a Szigetelt esetben is az éjszakai és nappali fűtés-csökkentés 20% energiamegtakarítást eredményezett, mely szintén igazolja a stratégia sikerességét.

A fűtött alapterület csökkentés hatásának vizsgálatát szintén a fűtési igények meghatározásával végeztük, amelynek eredményei a 8. ábrán látható diagramról olvashatóak le.



7. ábra. A fűtés-csökkentés energiamegtakarítása



8. ábra. A fűtött alapterület csökkentés energiamegtakarítása

A diagramon lévő jelöléseket az alábbi felsorolás részletezi:

- 20fok – 20°C folyamatos belső hőmérséklet az egész alapterületre;
- 20_sz+k+f_0.5 – A Szoba1, Konyha és Fürdő helyiségekben 20°C belső hőmérséklet tartása. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés. Az egész alapterületen 0.5 1/h légcserre megléte;
- 20_sz+k+f_0.1 – A Szoba1, Konyha és Fürdő helyiségekben 20 °C belső hőmérséklet tartása 0.5 1/h légcserre mellett. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés 0,1 1/h légcserre mellett;
- 20_sz+k16+f_0.5 – A Szoba1 és Fürdő helyiségekben 20 °C, a Konyha helyiségben 16 °C belső hőmérséklet tartása. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés. Az egész alapterületen 0.5 1/h légcserre megléte;
- 20_sz+k16+f_0.1 – A Szoba1 és Fürdő helyiségekben 20 °C, a Konyha helyiségben 16 °C belső hőmérséklet tartása 0.5 1/h légcserre mellett. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés 0.1 1/h légcserre mellett;
- 18_sz+k+f_0.5 – A Szoba1, Konyha és Fürdő helyiségekben 18 °C belső hőmérséklet tartása. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés. Az egész alapterületen 0,5 1/h légcserre megléte;
- 18_sz+k+f_0.1 – A Szoba1, Konyha és Fürdő helyiségekben 18 °C belső hőmérséklet tartása 0.5 1/h légcserre mellett. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés 0,1 1/h légcserre mellett;

- 18_sz+k16+f_0.5 – A Szoba1 és Fürdő helyiségekben 18 °C, a Konyha helyiségben 16 °C belső hőmérséklet tartása. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés.
Az egész alapterületen 0.5 l/h légszere meglete;
- 18_sz+k16+f_0.1 – A Szoba1 és Fürdő helyiségekben 18 °C, a Konyha helyiségben 16 °C belső hőmérséklet tartása 0,5 l/h légszere mellett. A többi helyiségben 8 °C-ig fűtés 0.1 l/h légszere mellett.

A 8. ábra alapján elmondható, hogy a teljes alapterület 20 °C-ra való fűtése és a megvalósult fűtött alapterület csökkenés energiaigénye között láthatóan nagy a különbség. A „20fok”-hoz képest már az „a_20_sz+k+f_0.5” eset is 47% energiamegtakarítást eredményez Szigetetlen esetben. A 8 °C-ra temperált helyiségekben a légszere csökkentése további 4%, míg a Konyha 16 °C-ra fűtése további 6% energiamegtakarítást jelent. Ezek együttes alkalmazása pedig közel 56% teljes megtakarításra adódik a „20fok” esethez képest. Fontos megjegyezni, hogy itt is megjelenik az a jelenség, hogy a már eleve kisebb, vagyis 18 °C-ra fűtött teljes alapterület energiaigényéhez képest az alapterület csökkentés kisebb energiafelhasználás csökkenést eredményez. Eltérően viszont a szakaszos fűtés esetétől, a fűtött alapterület csökkentéssel elérhető energiamegtakarítás növekszik a felújítottság mértékével. Az „a_20_sz+k16+f_0.1” esetet tekintve az Ablakcsere és a Padlásfödém szigetelés esetében ez a növekmény elhanyagolható mértékű, de a Szigetelt esetben 63% megtakarítás tapasztalható a teljes alapterület 20 °C-ra való fűtéséhez képest, amely 7%-kal több, mint Szigetetlen esetben.

A fűtött alapterület csökkentés egy másik jellegzetessége, hogy Szigetetlen esetben a 8 °C-ig fűtött helyiségek valóban lehűlnek erre a hőmérsékletre. Érdekes még, hogy láthatóan megjelenik a napsugárzás és a külső hőmérséklet változásának hatása, ha diagramon ábrázoljuk az egyes helyiségek hőmérséklet változását időben. A külső hőmérséklet növekedésével napközben a napsugárzás bejut a térbe és körülbelül 3-5 °C hőmérséklet emelkedést okoz, amelynek legmagasabb értéke délután jelentkezik. Később az éjszaka folyamán viszont visszahűl a belső hőmérséklet a térben tartott 8 °C-ra.

A Szigetelt eset ezzel szemben különbözik, hiszen ekkor a 8 °C-ig fűtött helyiségekben szinte 10 °C-ra se hűl le a belső hőmérséklet. Ennek oka a megfelelő szigetelés és ezzel a hőtároló tömeg növekedése. A „fűtetlen” helyiségek felé megjelenik a hőtranszport a fűtött helyiségek felől és ugyan a „fűtetlen” helyiségeket ez nem melegíti fel 20 °C-ra, de átlagosan a 15 °C megjelenik.

Összefoglalás

Kutatásunk során három fő energiamegtakarítási lehetőséget vizsgáltunk négy épületfelújítási lehetőséget tekintve.

A belső levegő hőmérséklet-csökkentése esetén elmondható volt, hogy minél magasabb hőmérsékletet tartunk a belső térben, annál nagyobb energiamegtakarítási jelentősége van az egyes felújítási változatoknak. Igazoltuk még, hogy minden

alapesetre hasonlóan a belső levegő hőmérsékletének 2 °C-kal való megemlése vagy lecsökkentése kb. 17-18% többlet energiát, vagy energia megtakarítást eredményez az eredeti esethez képest, ami nagyobb érték, mint amit a hőfokhíd változás alapján várnánk. Ennek oka a fűtési idény hosszára gyakorolt változásra, valamint a hőnyereségek energiámérlegben játszott szerepére vezethető vissza.

A szakaszos fűtés vizsgálatakor meghatározható volt, hogy a legkisebb megtakarítást a csak nappal alkalmazandó fűtés-csökkentés eredményezi. Elmondható még, hogy a fűtés-csökkentés szigetetlen épületek esetén a legkedvezőbb hatású, de még a szigetelt esetben is jelentős energiamegtakarítást eredményez.

A fűtött alapterület csökkentés esetén is igaznak bizonyult, hogy minél alacsonyabb hőmérsékletre fűtünk, annál kevesebb energiamegtakarítást eredményez a fűtött alapterület csökkentés. Emellett az eredmények azt mutatták, hogy a kifűtött alapterület csökkentésével elérhető energiamegtakarítás mértéke nagyobb felújított épületburok esetén.

Fontos megemlíteni, hogy egyes energiamegtakarítási lehetőségek állagvédelmi kockázattal járhatnak. Az állagromlás egyik jele a penész, amelyet négy fő hatás befolyásol. Az egyik a szerkezetek rossz hőtechnikai vagy páratechnikai tulajdonságai, amely az épület alapvető tulajdonsága. Egy másik a túlságosan nagy nedvességterhelés, amely a felhasználói viselkedésből adódik. Ehhez kapcsolódóan a harmadik ok az elégtelen szellőztetés lehet. A negyedik és utolsó eset pedig a nem megfelelő hőmérsékletre történő fűtés. Ezek mind hatással vannak a falak mentén, főleg hőhíd csomópontokban kialakuló felületi hőmérsékletekre és emellett a határrétegben megjelenő relatív páratartalomra. Kedvezőtlen esetben felületi kondenzáció alakulhat ki, amely megfelelően sok ideig való fennállása esetén penész kialakulásához vezethet. Emiatt is fontos meggondolni, milyen energiamegtakarítási lehetőséget alkalmazunk és szükséges esetben hozzáértő személyhez fordulni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-5-BME-303 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A kutatást a „Lakóépület állomány- és villamos energia modellek integrált fejlesztése és dekarbonizációs forgatókönyvek elemzése” című, K 142992 számú projekt is támogatta, amely a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K_22 pályázati program finanszírozásában valósul meg”.

Felhasznált források

- [1] M. Hulesch and M. Winkler, “A Kádár-kockákban rejlő energiahatékonysági felújítási potenciál,” 2021. <https://epiteszforum.hu/a-kadar-kockakban-rejlo-energiagatekonysagi-felujitasi-potencial> (Megtekintés: 2022.11.08).

- [2] Tamás Csoknyai, Sára Hrabovszky-Horváth, Zdravko Georgiev, Milica Jovanovic-Popovic, Bojana Stankovic, Otto Villatoro, Gábor Szendrő, „Building stock characteristics and energy performance of residential buildings in Eastern-European countries,” *Building and Environment*, vol. 132, pp. 39–52, 2016, doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.062
- [3] 353/2022. (IX. 19.) Korm. rendelet egyes intézmények veszélyhelyzeti működéséről
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2200353.KOR&dbnum=1>
(Megtekintés: 2022.11.06.)
- [4] 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0200003.scm>
(Megtekintés: 2022.11.06.)
- [5] https://maradokapenzemnel.blog.hu/2017/10/12/10_1_tipp_a_teli_gazfogyasztasunk_csokkentese
(Megtekintés: 2022.11.06.)
- [6] <https://energiaklub.hu/cikk/epuletenergetikai-felujitassal-az-energiaszegenyseg-ellen-4969>
(Megtekintés: 2022.11.06.)
- [7] EHK, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Műhely lapja, XX. évf./6. szám
- [8] Nicola Willand, Cecily Maller, Ian Ridley, „It’s not too bad” – The lives experience of energy saving practices of low-income older and frail people”, vol. 121, pp. 166–173, 2017
- [9] <https://www.kiskegyed.hu/életmod/hogyan-lehet-csokkenteni-gazfogyasztas-gazssamla-tippek-tanacsok/etq7bfx>
(Megtekintés: 2022.11.06.)
- [10] T. Csoknyai, J. Farkas, L. Formanek, and M. Horváth, “Épülettipológia tanulmány, KEOP-7.9.0/12-2013-0019 projekt,” Budapest, 2015.
- [11] Csoknyai Tamás, Szalay Zsuzsa, Gergely László Zsolt, Szagri Dóra, Horváth Miklós, Takácsné Tóth Borbála, Kotek Péter, „A rezsi-csökkentés szabályváltozásának hatása a magyar lakóépület lakóépületszektor gázfogyasztására”
REKK POLICY BRIEF 05, 2022.10.
- [12] Z. Fodor and A. Somogyi, “Újraértelmezett ‘kockaház’”
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2016.
- [13] G. Gröller and Z. Szalay, “Megéri-e egy Kádár-kocka felújítása környezeti szempontból?,” 2021.
<https://epiteszforum.hu/megeri-e-egy-kadar-kocka-felujitasa-kornyezeti-szemponthol>
(Megtekintés: 2022.11.08.)
- [14] B. Nagy, “Hőhídkatalógus v1.1,”
Budapest, 2020.
- [15] Szili Bettina Viktória, Tipizált lakóépületek modellezése DesignBuilder szoftverrel, 2021
- [16] Typical Meteorological Year (TMY) | E3P, (2021).
<https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/typicalmeteorological-year-tmy>
- [17] <http://kadarkocka.blogspot.com/2012/11/alaprajz.html>
(Megtekintés: 2022.11.08.)
- [18] MSZ EN 16798-1 Épületek energetikai teljesítőképessége.
Magyarország, 2019, p. 81.
- [19] EN 12831-3:2017 - European standard
- [20] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.
Magyarország, 2006.